

*Г.М. Бабаев, старший преподаватель  
Азербайджанская государственная морская академия,  
г. Баку*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СМЕСИ ТЯЖЕЛОГО ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА И ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА НА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ**

*Проанализированы основные физико-химические свойства различных топлив, в том числе и смесей тяжелого дизельного топлива и газового конденсата. Исследованы технико-экономические показатели вспомогательного судового дизеля марки 2Ч10,5/13 при работе на этих топливах. Доказано, что в условиях дизельного двигателя облегченные газоконденсатные топлива благоприятно влияют на протекание процессов смесеобразования и последующего сгорания топлива. Таким образом, использование газовых конденсатов в качестве топлив для судовых дизельных двигателей является весьма перспективным, а также будет способствовать решению проблем уменьшения загрязнения окружающей среды.*

**Ключевые слова:** *судовые дизели, дизельное топливо, моторное топливо, газовый конденсат, температура вспышки, цетановое число, технико-экономические показатели, расход топлива.*

*Г.М. Бабаев, старший викладач  
Азербайджанська державна морська академія,  
м. Баку*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СУМІШІ ВАЖКОГО ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО Й ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТУ НА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ДОПОМІЖНОГО СУДНОВОГО ДИЗЕЛЯ**

*Проаналізовано основні фізико-хімічні властивості різних палив, у тому числі й сумішшю важкого дизельного палива й газового конденсату. Досліджено техніко-економічні показники допоміжного суднового дизеля марки 2Ч10,5/13 при роботі на цих паливах. Доведено, що в умовах дизельного двигуна полегшені газоконденсатні палива позитивно впливають на протікання процесів сумішоутворення й наступного згорання палива. Таким чином, використання газових конденсатів як пального для суднових дизельних двигунів є дуже перспективним, а також сприятиме вирішенню проблем зменшення забруднення довкілля.*

**Ключові слова:** *суднові дизелі, дизельне пальне, моторне пальне, газовий конденсат, температура спалаху, цетанове число, техніко-економічні показники, витрата палива.*

## RESEARCH INFLUENCE OF MIXTURE OF HEAVY DIESEL FUEL AND GAS CONDENSATE IN THE TECHNICAL-ECONOMICAL INDICATORS OF THE AUXILIARY SHIP DIESEL

*Analyzed the basic physical and chemical properties of different fuels, including mixtures of heavy diesel fuel and gas condensate. We studied technical and economic indicators of the auxiliary ship diesel 2CH10,5/13 brands at running on these fuels. It is proved that in diesel engine lightweight gas condensate fuel positively influence on the flowing mixing formation and next fuel combustion. So, using of gas condensates as fuels for marine diesel engines is very perspective, and will contribute to solving the problems of reducing environmental pollution.*

**Keywords.** *ship diesels, diesel fuel, motor fuel, gas condensate, temperature of taking fire, setan numerical, technical-economical indicators, expense of fuel.*

**Вступление.** Развитие дизелестроения, увеличение мощности главной энергетической установки судов, а также переход с дизельных топлив на более дешевые тяжелые сорта привели к тому, что к концу XX века дизельный двигатель занял лидирующее положение на морском транспорте. Наметившейся тенденция, в свою очередь, параллельно с удешевлением топлива требует решения проблем увеличения его ресурса для дизельных двигателей и уменьшения опасности для экологии.

Решение этих проблем может быть достигнуто применением альтернативных топлив. Одним из таких видов альтернативных топлив считается газовый конденсат. Во-первых, газовый конденсат в несколько раз дешевле, чем дизельное топливо, и во-вторых, на территории стран СНГ имеется свыше 600 нефтегазоконденсатных месторождений.

**Анализ последних публикаций и исследований.** Однако моторные свойства газового конденсата и его пригодность в качестве топлива для дизельных двигателей, особенно для судовых дизелей, за небольшим исключением [1; 5] еще недостаточно изучены. Но этой проблематикой на протяжении многих лет целенаправленно занималась кафедра «Судовые энергетические установки» Азербайджанской государственной морской академии. Свыше пятнадцати лет на проводились исследования по изучению моторных и физико-химических свойств смесей газового конденсата и тяжелых моторных топлив для применения на судовых дизелях. При проведении экспериментальных исследований использовались газовые конденсаты месторождения «Булла-дениз» Азербайджанского сектора Каспийского моря.

**Постановка задачи.** В связи с вышеизложенным целью работы является исследование влияния смеси тяжелого дизельного топлива и газового конденсата на технико-экономические показатели судового дизеля.

**Изложение основного материала и результатов исследования.** В табл. 1 показаны некоторые физико-химические показатели смесей газового конденсата (ГК) месторождения «Булла-дениз» и моторного топлива (ДТ) в различных соотношениях.

Плотность и вязкость, являясь одними из основных показателей качества топлива, оказывает большое влияние на нормальную работу топливной аппаратуры дизеля. При их повышенных значениях ухудшаются процессы распыливания и смесеобразования, а при малых значениях наблюдается падение мощности двигателя и увеличение износа прецизионных деталей топливной аппаратуры.

**Таблица 1. Некоторые физико-химические показатели смесей  
газового конденсата (ГК) с моторным топливом (ДТ)**

Показатели	Топливо				
	ГК	50% ГК + 50% ДТ	25% ГК + 75% ДТ	10% ГК + 90% ДТ	ДТ
Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с: при 20 °С при 50 °С	1,4 –	7,03 –	– 9,85	– 20,84	– 34,46
Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup>	0,7812	0,872	0,87	0,889	0,905
Цетановое число	46,4	–	–	–	–
Массовое содержание механических примесей, %	0,014	0,026	0,026	0,027	0,028
Температура вспышки в закрытом тигле, °С	11	35	48	70	155
Низшая теплота сгорания, МС/ кq	43,42	–	–	–	41,42
Содержание воды, %	следы	следы	следы	следы	следы

Как видно из табл. 1, вязкость и плотность газового конденсата (в том числе смесей) ниже, чем у моторного топлива.

В связи с этим улучшается текучесть смеси, в результате которого затрачивается меньше энергии для подогрева смеси, а также обеспечивается высокое качество распыливания топлива, а следовательно, и интенсификация процесса смесеобразования в цилиндре двигателя. Низшая теплота сгорания, или теплотворная способность газового конденсата несколько выше, чем у моторного топлива, которая будет способствовать улучшению эффективности процесса сгорания.

Сернистые соединения, содержащиеся в топливе, представляют собой опасность с точки зрения коррозии топливной аппаратуры. Повышенное содержание сернистых соединений приводит как к увеличению износа и нагарообразования в дизеле, так и к сокращению моторесурса дизельного двигателя. По содержанию серы исследуемые газовые конденсаты относятся к бессернистым (не выше 0,2%) [1; 2].

Нормальная работа дизельных двигателей осуществляется при цетановом числе топлива выше 40. Учитывая это, можно сказать, что (как видно из табл. 1) цетановое число исследуемого газового конденсата находится в допустимых пределах (45÷48).

Температура вспышки газового конденсата, определяемая в закрытом тигле, равна 110С. Это и является основным препятствием для применения газовых конденсатов на судовых дизелях, так как, по требованию морского Регистра [4], эта температура должна быть не менее 610С.

Таким образом, из-за маленького значения температуры вспышки газовые конденсаты в чистом виде не могут использоваться на судовых дизелях. Поэтому нами были проведены исследования по изучению температуры вспышки смесей газового конденсата с тяжелыми моторными топливами.

Как видно из табл. 1, из смесей газового конденсата и моторного топлива только у смеси 10%ГК+90%ДТ температура вспышки равна 700С, что отвечает требованию Морского регистра [4]. Но содержание в смеси 10% газового конденсата очень мало.

Поэтому нами были продолжены исследования по увеличению количества газового конденсата в смеси, сохранив при этом температуру вспышки смеси не менее 610С.

Предварительные результаты проведенных исследований показали, что с увеличением температуры нагрева газового конденсата увеличивается и его температура вспышки [3]: при нагревании газового конденсата до 1200С температура вспышки повышалась от 110С до 370С.

Поэтому мы пришли к выводу, что целесообразно смешивать газовый конденсат с температурой начала кипения не менее 1200С с более тяжелыми моторными топливами, например, с топочным мазутом. В табл. 2 показаны некоторые физико-химические показатели смесей с различными соотношениями газового конденсата (ГК) и топочного мазута (ТМ).

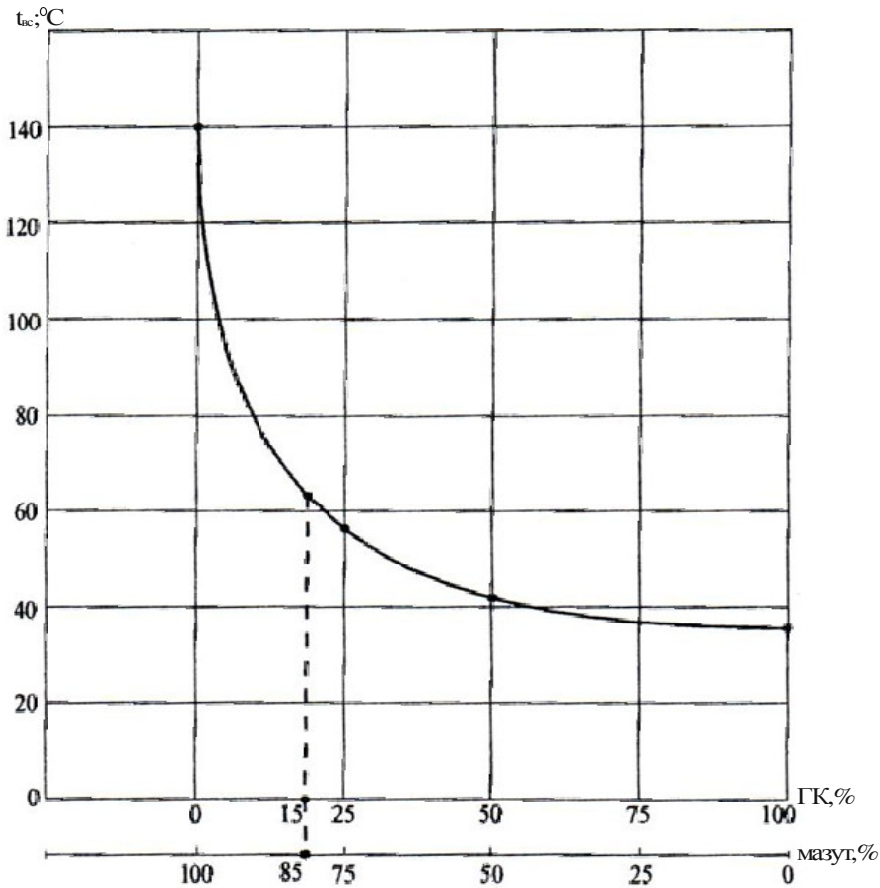
**Таблица 2. Некоторые физико-химические показатели смесей газового конденсата (ГК) с печным мазутом (ПМ)**

Показатели	Топливо				
	ГК	10% ГК + 50% ПМ	25% ГК + 75% ПМ	50% ГК + 90% ПМ	ПМ
Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с при 50 <sup>0</sup> С	2,25	24,26	11,2	4,35	43,04
Плотность при 20 <sup>0</sup> С, г/см <sup>3</sup>	0,7805	0,8784	0,8776	0,8507	0,904
Цетановое число	46,4	–	–	–	–
Массовое содержание механических примесей, %	отсут.	0,015	0,015	0,01	0,025
Температура вспышки в закрытом тигле, <sup>0</sup> С	37	67	53	44	134
Низшая теплота сгорания, МС/кq	43,42	–	–	–	40,8
Содержание воды, %	следы	следы	следы	следы	0,06

Как видно из табл. 2, с уменьшением количества газового конденсата в смеси увеличивается температура вспышки смеси. Так, при содержании 50% газового конденсата в смеси ее температура вспышки равна 44<sup>0</sup>С, а при содержании 10% к 67<sup>0</sup>С. На рисунке 1 показана зависимость температуры вспышки от концентрации газового конденсата и топочного мазута в смеси.

Как видно из рис. 1, при содержании газового конденсата в смеси более 23% интенсивность изменения температуры вспышки смеси незначительная. Но при содержании газового конденсата в смеси меньше 23%, интенсивность изменения температуры вспышки смеси резко увеличивается. Используя этот график, можно определить концентрацию смеси, отвечающей требованию морского Регистра. Как видно из рис. 1, при концентрации 15%ГК+85%ПМ температура вспышки смеси больше 61<sup>0</sup>С.

Таким образом, рассмотрев основные физико-химические показатели исследуемых смесей можно заключить, что смеси газового конденсата с температурой начала кипения (нагрева) не менее 120<sup>0</sup>С и топочного мазута с температурой вспышки не менее 130<sup>0</sup>С при концентрации 15%ГК+85%ПМ отвечает требованию Морского регистра и ее можно использовать на судовых дизелях.



**Рис. 1. Зависимость температуры вспышки от концентрации газового конденсата и топочного мазута в смеси**

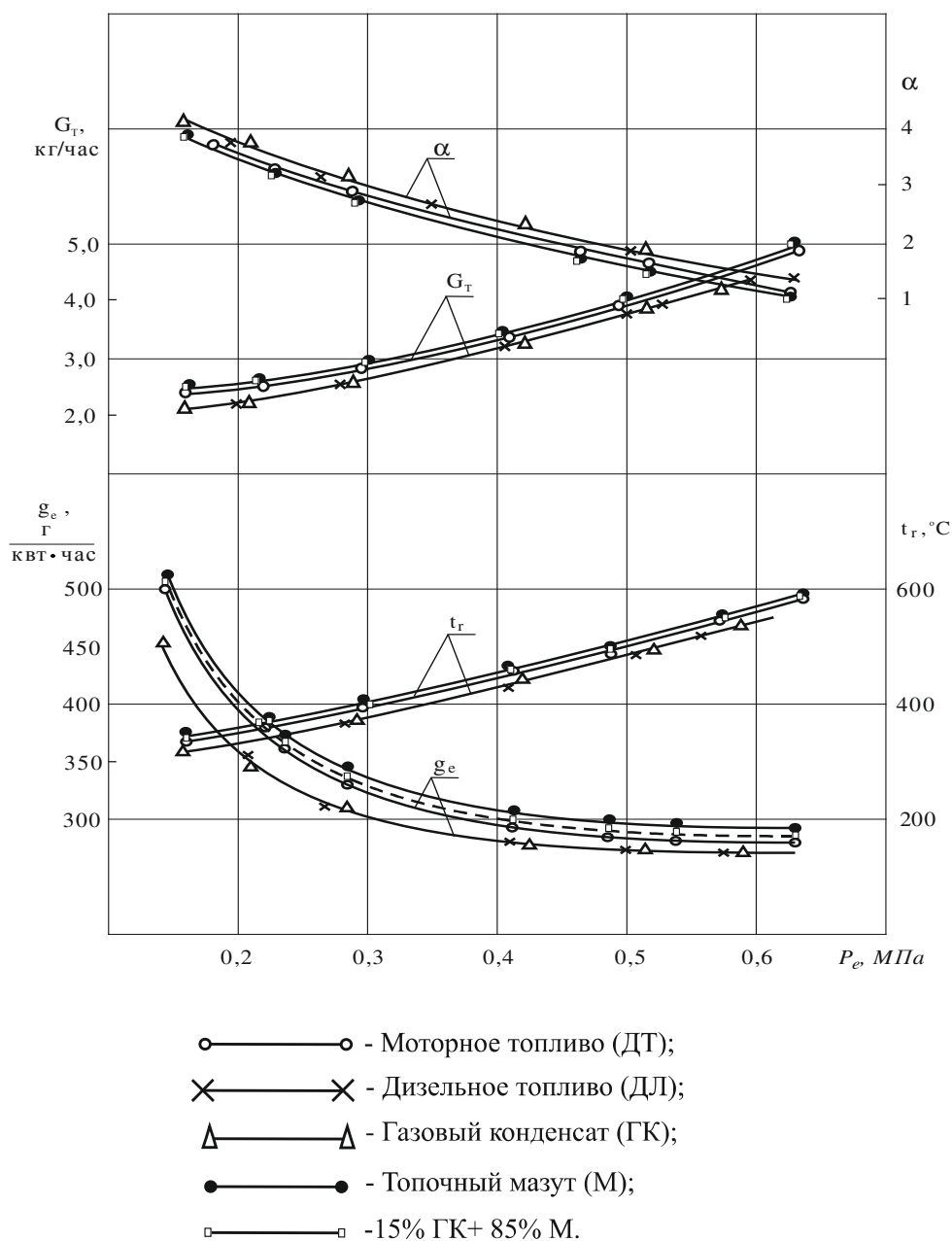
Для оценки моторных качеств исследуемых топлив экспериментальное исследование вспомогательного судового дизеля 2Ч10,5/13 проводилось при работе на моторном топливе (ДТ), стандартном дизельном топливе (ДЛ), газовом конденсате (ГК), топочном мазуте (ТМ), а также на смеси газового конденсата и топочного мазута в соотношении 15%ГК + 85%ТМ.

Основные технико-экономические показатели дизеля оценивались сравнением кривых нагрузочных характеристик, которые снимались при частоте вращения коленчатого вала  $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$  (рис. 2).

Как видно из рис. 2, кривая удельного эффективного расхода топлива  $g_e$  при работе двигателя на газовом конденсате располагается значительно ниже таковой при работе на топочном мазуте (ПМ) и моторном топливе (ДТ), во всем диапазоне изменения нагрузки. Это особенно проявляется в области малых нагрузок.

Объясняется это, на наш взгляд, более полным выгоранием большей части газового конденсата при малых нагрузках. Так например, при нагрузке  $P_e = 0,55 \text{ МПа}$  разница между удельными эффективными расходами топлива  $g_e$  на газовом конденсате и топочном мазуте равняется  $8,33 \text{ г/(кВт}\cdot\text{час)}$ , то при  $P_e = 0,2 \text{ МПа}$  эта разница составляет  $27,8 \text{ г/(кВт}\cdot\text{час)}$ .

Кривые часовых расходов топлива  $G_T$  и коэффициентов избытка воздуха  $\alpha$  при работе на всех топливах имеют идентичный характер. Кривые температур отработавших газов  $t_r$  как по характеру, так и по абсолютному значению практически одинаковые.



**Рис. 2. Нагрузочная характеристика вспомогательного судового дизеля 2С 10,5/13 при работе на различных топливах**

Следует отметить, что кривые смеси газового конденсата и топочного мазута в соотношении 15%ГК+85%ПМ располагаются между кривыми газового конденсата и печного мазута, больше приближаясь к таковым топочного мазута.

Стоит обратить внимание, что, следуя данным из рис. 2, изменения кривых коэффициентов избытка воздуха и температуры отработавших газов подтверждают характер изменения кривых удельных расходов топлива. Например, при работе дизеля на газоконденсатных топливах температура отработавших газов уменьшается по сравнению с работой на моторном топливе и топочном мазуте, что указывает на то, что в условиях дизельного двигателя облегченные газоконденсатные топлива благоприятно влияют на протекание процессов смесеобразования и последующего сгорания топлива.

**Выводы.** Учитывая проведенные исследования и полученные результаты, можно признать, что смеси газового конденсата (температура начала кипения не менее 120<sup>0</sup>С) и топчного мазута (температура вспышки не менее 130<sup>0</sup>С) при концентрации 15%ГК+85%ПМ можно использовать на судовых дизелях. Это может способствовать решению задач по увеличению ресурса дизельного топлива, и что очень важно – значительному уменьшению загрязнения окружающей среды.

Отсюда также можно сделать вывод, что использование газовых конденсатов месторождений Азербайджанского сектора Каспийского моря в качестве топлив для судовых дизельных двигателей является весьма перспективным мероприятием.

#### *Литература*

1. Алиева Р.Б. Газовые конденсаты / Р.Б.Алиева, Г.Ф. Мираламов. – Баку: Заман, 2000. – 328 с.
2. Ахмедов Н.Г. Исследование эффективности использования газовых конденсатов месторождения Азербайджанского сектора Каспийского моря в качестве топлива для дизельных двигателей: дис. ... канд. тех. наук: 05.04.02 / Н.Г. Ахмедов; Азербайджанский технический ун-т. Баку, 2003. – 20 с.
3. Исмаилов А.Ш. Увеличение температуры вспышки топлива, изготовленного на основе газового конденсата / А.Ш. Исмаилов, Г.М. Бабаев, Ш.М. Таиров // Сб. науч. трудов Азербайджанской гос. морской академии. – 2005. – №3. – С. 38 – 40.
4. Российский морской регистр судоходства: официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rs-class.org/ru>.
5. Сомов В.А. Судовые многотопливные двигатели / В.А. Сомов, Ю.Г. Ищук. – Л. : Судостроение, 1984. – 240 с.

© Г.М. Бабаев  
Надійшла до редакції 28.05.2015